

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

USO DE INTERPOLAÇÃO PARA ESPACIALIZAÇÃO DE DADO PLUVIOMÉTRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO PRADO EM ALTÔNIA – PR.

Karla Cristhiane Constantino¹ ; Rodrigo Tartari² & Alberto Feiden³

RESUMO – Para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos, é necessário a realização de estudos voltados as variáveis meteorológicas, como por exemplo a precipitação pluviométrica, que é a principal forma de entrada em bacias hidrográficas. Este trabalho tem como objetivo gerar um modelo digital de precipitação pluviométrica para caracterização climática da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, Altônia – PR. Utilizou-se o método de interpolação determinístico do Inverso Ponderado da Distância – IPD com expoente igual a dois ($\beta = 2$). Fez-se a interpolação utilizando o e o Software QGis, utilizou-se médias históricas de 30 anos (1985 – 2015) de precipitação anual de 3 estações pluviométricas na região da bacia hidrográfica. Os resultados da espacialização dos dados, mostra que as chuvas concentram-se nas regiões mais baixas da bacia, próxima a sua foz junto ao Rio Paraná e o Rio Piquiri. Em relação aos volumes médios anuais de precipitação pluviométrica observa-se o menor volume na estação PEROLA e um volume de 1529,06 mm, em ALTÔNIA foi de 1613,24 mm e o maior volume em GUAIPORÃ na ordem de 1711,89, resultando em uma média anual de precipitação de 1618,06 mm e um desvio padrão de 74,72.

ABSTRACT– The best water resources program is a study of meteorological variables, with a rainfall parameter, which is the main form of entry into the river basin. This digital model data the rain and the digital performance of the hydratic core of Ribeirão do Prado, Altônia - PR. The deterministic Inverse Weighted Distance - IPD method with exponent equal to two ($\beta = 2$) was used. The rainfall data was organized in the Microsoft Excel worksheet. An interpolation was performed using the QGis Software, using the 30-year historical averages (1985-2015) of annual draw of 3 rainfall stations near an area of interest. As a result of the spatial data, it was noted that the concentrations in the lower regions of the basin, near its mouth, as well as the Paraná River and Rio Piquiri, besides the Ilha Grande National Park. The annual rainfall observed in the PEROLA station was 1529.06 mm, in the ALTÔNIA it was 1613.24 mm and in the GUAIPORÃ it was 1711.89, resulting in an annual average precipitation of 1618.06 mm and a standard deviation of 74 72.

Palavras-Chave – Sistema de Informação Geográfico (SIG); Inverso Ponderado da Distância; Parque Nacional de Ilha Grande.

11) Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural e Sustentável – Universidade do Oeste – UNIOESTE, Rua Pernambuco, 1777 - 85960-000 - Marechal Cândido Rondon - PR, karlaconstantino@gmail.com

2) Universidade Estadual de Maringá – UEM, Avenida Ângelo Moreira da Fonseca - 87506370 – Umuarama- PR, rtartari@uem.com.br

23) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural e Sustentável – Universidade do Oeste – UNIOESTE, Rua Pernambuco, 1777 - 85960-000 - Marechal Cândido Rondon - PR, alberto.feiden@embrapa.br

INTRODUÇÃO

Na busca por estudar, caracterizar, quantificar e modelar os fenômenos e variáveis relacionadas aos recursos hídricos, opta-se por utilizar a bacia hidrográfica como unidade geográfica de planejamento dos recursos hídricos. Segundo Cristofolletti (1980), pode-se definir bacia hidrográfica como um conjunto de terras drenadas por um curso d'água principal e formadas por um conjunto de canais que escoam e se conectam, estabelecendo um sistema hierárquico fluvial. A principal entrada de água na bacia é a precipitação pluviométrica, a qual escoar de acordo com a dinâmica física do terreno. Para compreender o comportamento dos recursos hídricos em uma determinada bacia, e assim propor formas de conservação territorial para manter sua quantidade e qualidade, é necessário conhecer as características físicas e biológicas, com o objetivo de avaliar a dinâmica do comportamento do ciclo hidrológico da bacia.

Após a segunda metade do século passado, houve um grande desenvolvimento das tecnologias de informação, culminando no surgimento do Sistema de Informação Geográfica (SIG). A escolha desta ferramenta se baseia na necessidade de saber o local no qual o fenômeno ocorre. O geoprocessamento possibilita a integração entre várias fontes de dados a partir de bancos de dados georreferenciados, gerando como resultado um ganho de informações sobre a Terra de forma rápida e de baixo custo (Câmara *et al*, 2001).

Tendo em vista a importância da precipitação pluvial, como variável meteorológica, para a produção de alimentos e energia, equilíbrio ecológico do planeta, dentre outros usos múltiplos da água. A geração de informação por novos métodos pode contribuir para uma melhor compreensão do sistema para favorecer a gestão. É evidente a necessidade de estudos voltados a espacialização, modelagem e previsão de dados pluviométricos, sendo o objetivo deste trabalho tem por objetivo gerar um modelo digital de precipitação pluviométrica para a caracterização climática da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, Altônia – PR.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A unidade geográfica escolhida para realização do presente estudo é a bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, a qual possui área de 61,4 km² e está localizada no município de Altônia, no noroeste do estado do Paraná. A área municipal é de 729,32 km², e população de 21.988 habitantes, sendo 73,50% urbana e 26,50% rural, de acordo com IBGE (2018) (Figura 1).

Assim como observado na Figura 1, O Ribeirão do Prado é um afluente da margem esquerda do Rio Paraná, sendo este o último trecho livre de barragem. A referida área de estudo faz fronteira com uma Zona Núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica constituída pelo Parque Nacional

de Ilha Grande, com 17,59% de sua área pertencente ao município de Altônia; e pela Área de Proteção Ambiental (APA) das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (ICMbio/MMA, 2008).

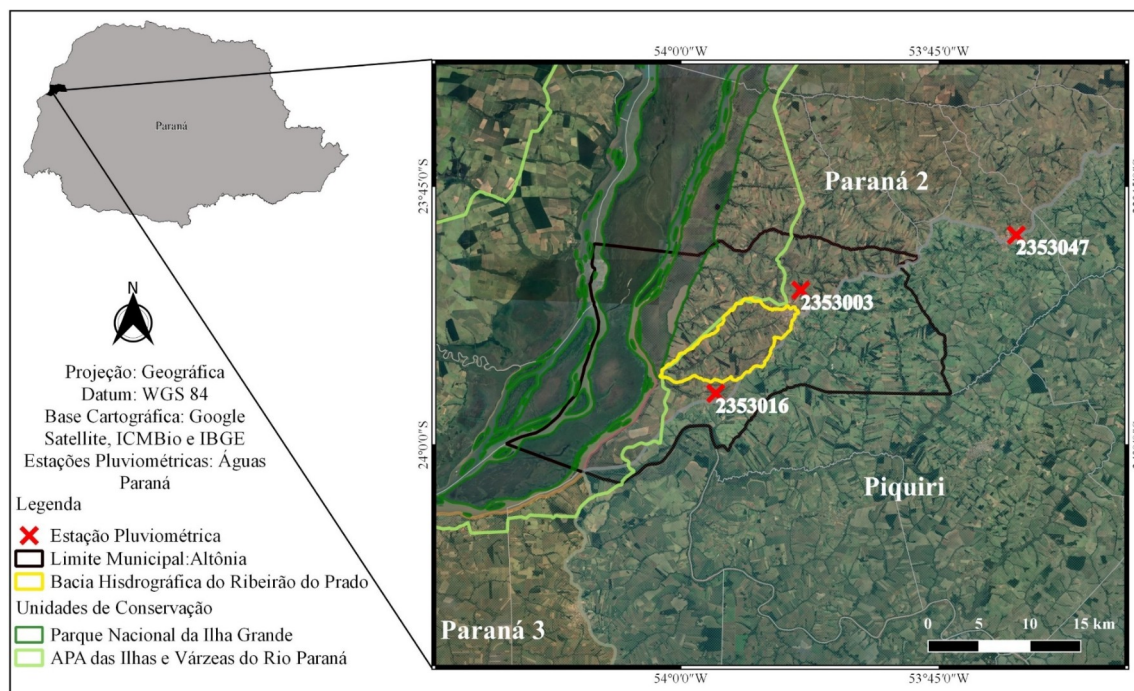


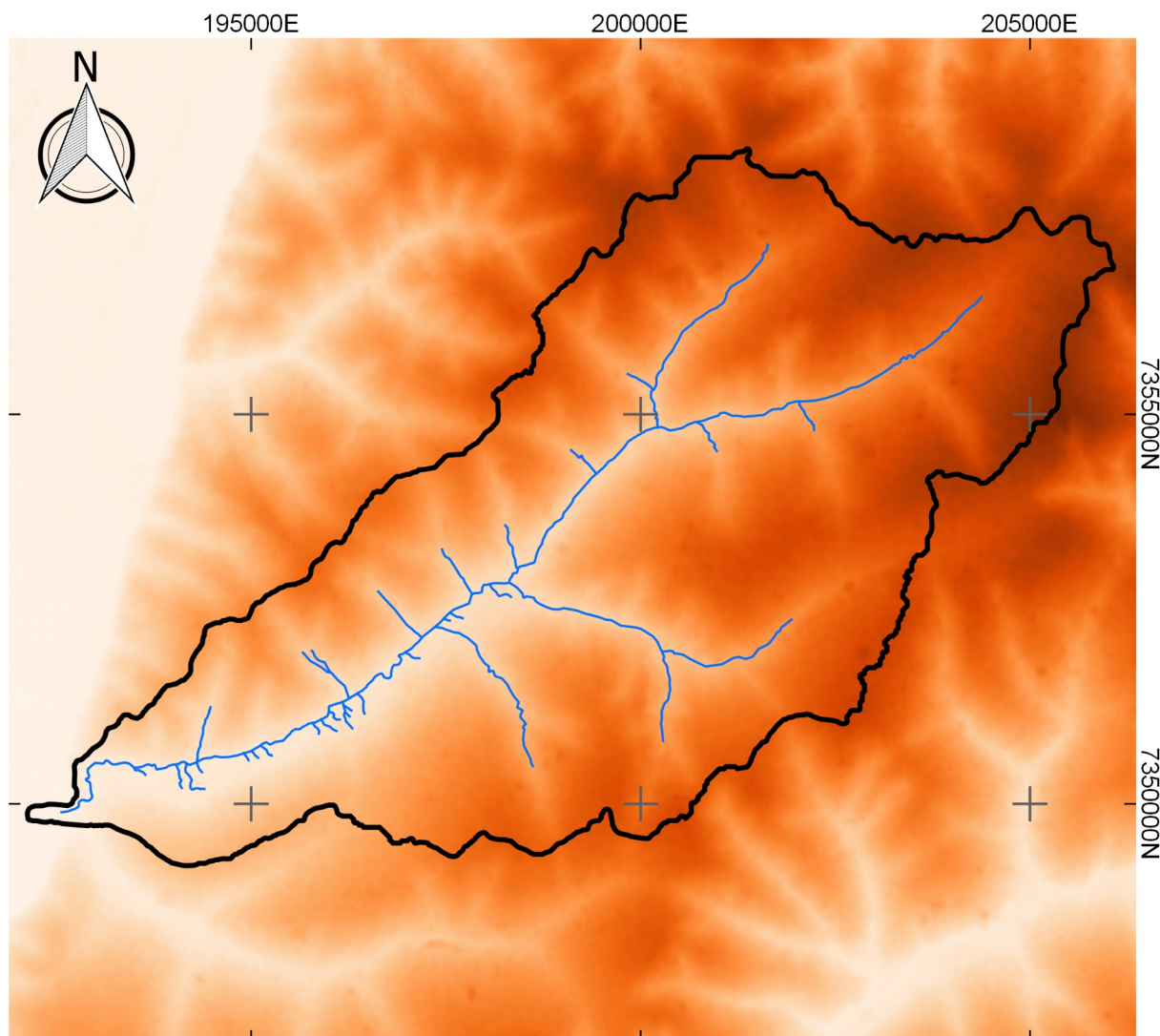
Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, Altônia (PR) e disposição das estações pluviométricas na região.

A geologia da área é constituída em sua maior parte por arenitos do Grupo Bauru, formação na era mesozoica classificada em 5 formações litoestratigráfica, na qual a formação Caiuá encontra-se presente dentro dos limites da área de estudo (Fernandes e Coimbra, 1994). Acima dos arenitos da Formação Caiuá, encontra-se os depósitos aluviais em terraços, sedimentos inconsolidados ou parcialmente consolidados, constituídos de arenitos e siltitos e encontra-se a predominância do argissolo vermelho e o latossolo vermelho (EMBRAPA, 2006).

Na região Sul do Brasil, o ciclo anual de temperatura apresenta uma amplitude de 11°C, isso ocorre por causa da quantidade de radiação solar recebida de forma diferente para as estações de inverno e verão, característica própria de latitudes médias. No inverno, época do ano com menor incidência de radiação solar, o valor médio para julho na região noroeste do Paraná varia de 16 a 17,5°C, já no verão, a temperatura média mensal para janeiro é de 24,5°C. Nos meses de transição, as temperaturas se mantêm próximas, em abril, a temperatura varia de 20,5 a 22°C e em outubro de 21 a 22,5°C (Cavalcanti *et al.*, 2009). O clima predominante na área segundo a classificação de Koppen, é o Cfa - clima temperado subtropical, com verão quente e chuvas bem distribuídas, e com invernos amenos, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porem sem estação seca definida (Fritzsos et al, 2011; SEAB, 2010).

A Figura 2 apresenta o Mapa hipsométrico da área de estudo, bem como os resultados da caracterização fisiográfica da mesma. Nota-se que a cabeceira da bacia, está a uma altitude de 400

metros e sua foz está a 220 metros em relação ao nível médio dos mares, havendo uma amplitude de 160 metros. A densidade de drenagem (Dd) é $0,59 \text{ (km/km}^2\text{)}$, considerada mediana segundo Beltrame (1994), e pobre de acordo com Villela e Mattos (1975). A sinuosidade do rio (Sin) é de $1,03 \text{ km/km}$, indicando que o rio ainda não atingiu sua estabilidade perante suas variáveis hidrológicas, apresentando curtos meandros do médio curso até a foz (Machado e Torres, 2012). O valor do Índice de circularidade (Ic) é de $0,25$ caracterizando a forma da bacia como estreita e alongada, corroborando com os valores do Fator de forma (Kf) é de $0,23$ e coeficiente de compacidade (Kc) igual a $1,96$, indicando que após uma precipitação intensa o escoamento superficial gerado estará bem distribuído no canal principal ao longo do tempo diminuindo os riscos de enchentes (Constantino *et al*, 2017).



Legenda

BH Ribeirão do Prado

Altitude (m)

220

244

267

291

314

338

361

383

401

0 1 2 3 4 km



1:75.000

Projeção: UTM

Datum: SIRGAS 2000/ FUSO: 22S

Base cartográfica: SRTM

CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO
PRADO

Área: 61,40 km²

Perímetro: 55 km

Extensão do rio: 36,46 km

Coef. de compactidade: 1,96

Fator de Forma: 0,23

Índice de Circularidade: 0,25

Sinuosidade do rio: 1,03 km/km

Densidade de drenagem: 0,59 km/km²

Ordem da bacia (Strahler): 3

Fonte: Constantino; Oliveira; Tartari (2017).

Figura 2 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, Altônia – PR.

Segundo dados publicados no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil por PNUD, Ipea e FJP (2010), a renda per capita média do município apresentou um crescimento de 152,62% nos últimos 20 anos, expressando um IDHM – 0,721. Estes resultados são influenciados pelo desenvolvimento do setor da agropecuária que é uma das principais atividades econômicas desenvolvidas no município, a produção majoritária voltada ao cultivo de mandioca, milho e soja; e criação de gado e galináceos, sendo o o segundo maior ramo a gerar valor adicionado bruto ao município, perdendo somente para a classe “serviço”. Essas informações permitem avaliar o quando a renda da cidade depende da produção agropecuária, mostrando o quanto o estudo climático e previsão da precipitação regional é importante para o planejamento territorial e desenvolvimento da produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Para gerar o modelo digital de distribuição espacial de chuva, optou-se pelo método de interpolação determinístico chamado Inverso Ponderado da Distância – IPD (*Inverse Distance Weighted* - IDW), conforme Equação 1. Segundo Farias *et al* (2011) o método IPD apresenta melhor desempenho entre os interpoladores testados em seu estudo, com menores valores de erro médio, menores diferenças individuais entre os valores observados e estimados, além de menor erro médio em relação a superestimação e subestimação dos valores estimados. Além disso, Alves e Vacchia (2011), mostram que os melhores resultados para o mesmo tipo de estudo do presente trabalho foram obtidos pelo método da mínima curvatura, seguido pelo inverso do quadrado da distância (IPD com expoente 2).

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^\beta} \cdot X_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^\beta} \right)} \quad (1)$$

Onde: X_p : variável interpolada; X_i : valor da variável da i -ésima localidade vizinha; d_i : distância entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado; β : expoente de ponderação; n : numero de pontos amostrados utilizados.

Neste método, o ponto a ser estimado é calculado pela média ponderada das amostras vizinhas cujos pesos são definidos pelo inverso da distância entre as amostras e o ponto a ser estimado (Landim, 2000). Para que as amostras mais próximas exerçam maior influência, minimizando as mais distantes, deve ser atribuído maior valor ao expoente dos pesos; caso o objetivo seja distribuir de forma equitativa a sua influência, independente da distância, utiliza-se expoente igual ou menor que dois (Ferreira, 2014). De acordo com recomendações de Reis *et al* (2005) as menores diferenças entre os valores reais e estimados foram verificadas ao utilizar-se o

método interpolador IPD com expoente 2, mostrando ser o mais próximo do valor real. Portanto, no presente estudo, fixou-se o valor dois para o expoente, logo $\beta = 2$ (Equação 1), para garantir que a influência da distância seja igual em toda a área calculada.

Optou-se por trabalhar no programa Software livre QGis versão 2.18.6. Para a interpolação, foram utilizados as médias históricas de uma série temporal de 30 anos (1985 – 2015) de precipitação anual de 3 estações pluviométricas próximos a área (Figura 1) de interesse sem falhas (Tabela 1). A plataforma utilizada para a obtenção de dados foi o Sistema de Informação Hidrológica do Instituto das Águas do Paraná.

Tabela 1 – Informação das estações pluviométricas utilizados

| Código | 02353003 | 02353016 | 02353047 |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Nome da estação | ALTONIA | PEROLA | GUAIPORÃ |
| Município | Altônia | Pérola | Cafezal do Sul |
| Altitude (m) | 375,556 | 438,000 | 383,601 |
| Latitude | 23° 52' 19" | 23° 47' 49" | 23° 56' 29" |
| Longitude | 53° 53' 20" | 53° 40' 32" | 53° 35' 11" |
| Bacia | Paraná 2 | Piquiri | Piquiri |
| Período de Análise | 1985-2015 | 1985-2015 | 1985-2015 |
| Operador | AGUASPARANA | AGUASPARANA | AGUASPARANA |

Utilizando o Microsoft Excel fez-se a média aritmética simples entre os valores históricos de precipitação total anual de cada estação escolhida. Para caracterizar o comportamento das chuvas na bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, plotou-se um gráfico com as médias mensais da série história de 30 anos de cada estação, utilizando-se o Microsoft Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 3 tem-se a distribuição espacial da precipitação da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado gerado pelo método de interpolação IDW, apresentando contornos concêntricos, em formato de vórtices, ao redor das estações, as feições concêntricas representam a ponderação da distância no entorno das estações. De acordo com Landim (2000), o IDP é um algoritmo que destaca as variações de pequena amplitude (irregularidades locais) em regiões com dados espacialmente dispersos.

A análise do modelo de distribuição de chuvas gerado pelo método IPD demonstrou comportamento homogêneo na distribuição espacial da precipitação na bacia hidrográfica do

Ribeirão do Prado. As chuvas concentram-se nas regiões mais baixas da bacia, próxima a sua foz, tal região também coincide com dois corpos d'água de grande relevância, o Rio Paraná e o Rio Piquiri, além do Parque Nacional de Ilha Grande, podendo ser uma explicação para a diferença de precipitação registradas pela estação PEROLA, próxima a grandes corpos da água e área de vegetação nativa, e a estação GUAIPORÃ, cercada por áreas desmatadas e urbanizadas. A precipitação pluviométrica anual observada na estação PEROLA foi de 1529,06 mm, na ALTONIA foi de 1613,24 mm e na GUAIPORÃ foi de 1711,89, resultando em uma média anual de precipitação de 1618,06 mm e um desvio padrão de 74,72.

De acordo com a Figura 4, pode-se notar que os dados estão coerentes em dois pontos, o primeiro, entre as estações não existe grandes discrepâncias, seguindo o mesmo padrão, e o segundo, referente a correspondência com a descrição climática da região, como por exemplo, a não existência de uma época de seca definida, além de chuvas distribuídas ao longo do ano, apresentando considerável variação ao longo do ano.

Considerando o comportamento sazonal das chuva nos meses de verão, ocorre o aquecimento da superfície e o aumento de umidade para dentro do continente, levando a instabilidade da atmosfera, acarretando um aumento da precipitação. Esta umidade, que representa a quantidade de vapor d'água presente no ar, tem relação direta com a precipitação mensal (Cavalcanti *et al*, 2009). Observado na Figura 4, que o mês de janeiro período do verão é o mês mais chuvoso do ano, com uma média de precipitação de 182,90 mm, já no inverno, o mês de julho apresenta uma média de 84,66 mm de precipitação que é o menos chuvoso.

O sistema de monção sul-americana está associado ao regime de chuvas de verão na área de estudo, porém como nota-se na Figura 4, existem outros momentos em que a precipitação é elevada, como por exemplo, em outubro (172,09 mm), sendo este um mês de transição entre o inverno e primavera, assim como em maio (165,59 mm), logo a distribuição da precipitação anual sofre influência de outros fatores. O semestre quente, que engloba meses de verão e estações de transição, considerado de outubro a abril, o fenômeno responsável por grande parte da precipitação total é o Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), sendo este intensificado por mudança sazonal do Jato Subtropical (JS) (Cavalcanti *et al*, 2009).

Em agosto tem-se o mês menos chuvoso do ano, com média de 70,42 mm de chuva, isso ocorre em consequência da movimentação do JS do Paraná para o Rio Grande do Sul. No mês seguinte, em setembro, ocorre o aumento da precipitação (130,11 mm), isso é explicado pelo retorno do JS ao Paraná. Em maio, tem-se aumento da precipitação, de 122,7 para 165,6 mm, pois existe o acercamento do JS na região, logo, há a formação de CCM, pelo calor e umidade advinda da Amazônia pelos Jatos de Baixos Níveis (JBN). O mês de outubro é o segundo mês mais chuvoso, com média de 172,1 mm de precipitação, havendo um repentino aumento, em decorrência

da baixa pluviosidade somada as frias nos meses anteriores, ocorre então o aumento da precipitação (Waltrick *et al*, 2015).

Novembro apresenta uma precipitação média de 170,38 mm, neste mês inicia-se a estabilização dos processos atmosféricos e normalização da precipitação, sendo que este mês apresenta valores semelhantes ao mês anterior, dá-se ao fato que o JS se distâcia do Paraná. Em dezembro, com precipitação média de 151,29 mm temos o início das chuvas de verão, trazida pelo sistema de circulação de monções sul-americanas, então atinge seu pico anual em janeiro.

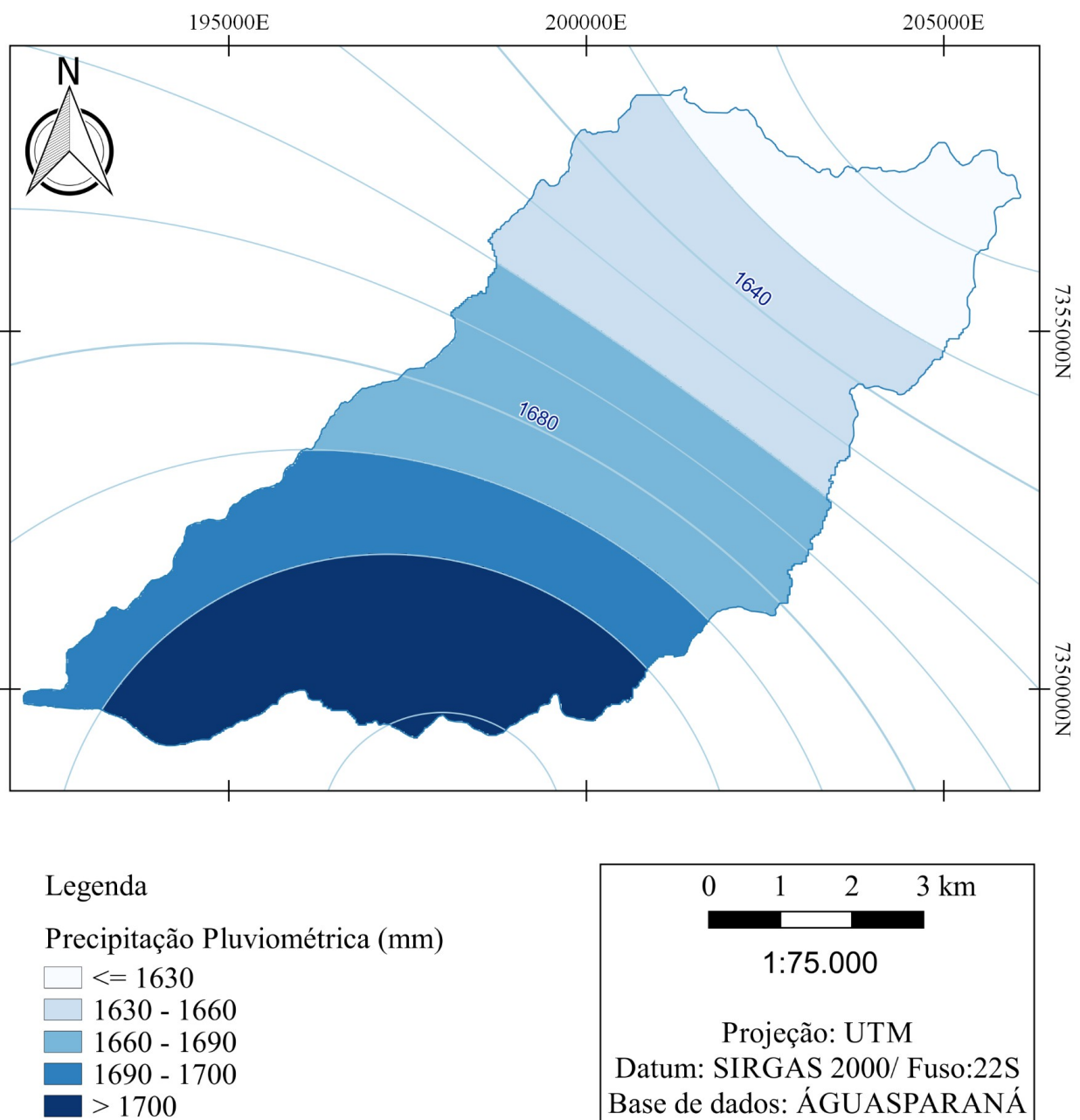


Figura 3 – Mapa temático da distribuição espacial da precipitação da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado gerado pelo método de interpolação IDW.

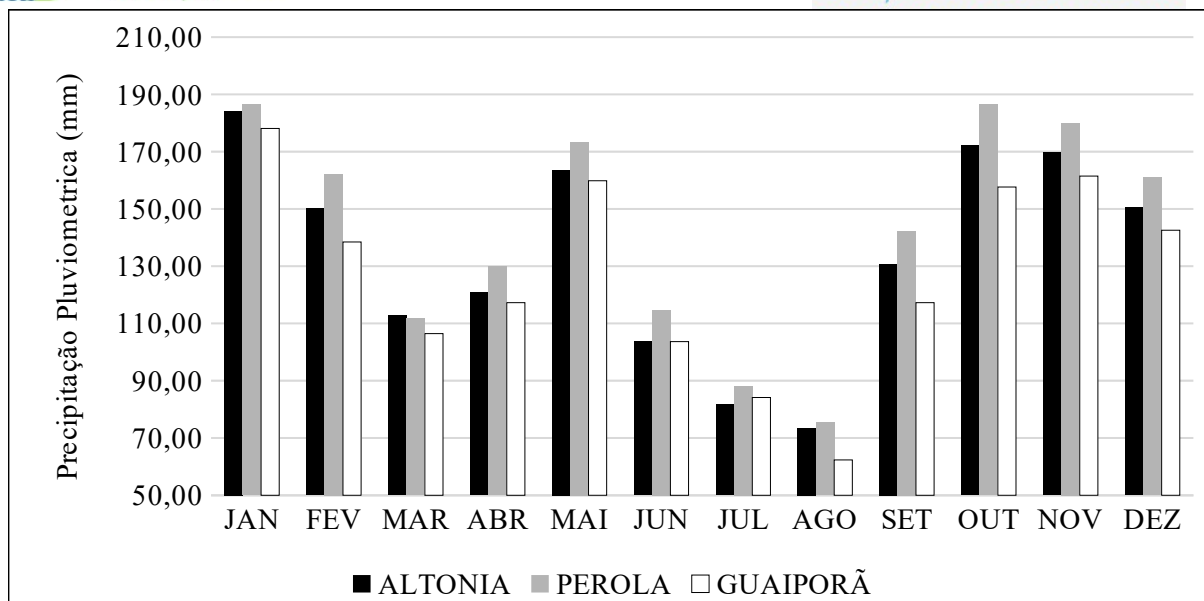


Figura 4 – Pluviosidade mensal das estações observadas.

CONCLUSÃO

O presente trabalho determinou o modelo digital de distribuição pluviométrica sobre a bacia, produzida com base em uma série temporal de 30 anos de 3 estações pluviométricas, localizada na região da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, utilizando o método de interpolação IPD com expoente 2. A inexistência de dados pluviométricos dentro do limite da bacia do Ribeirão do Prado torna a abordagem utilizada uma estimativa de primeira ordem dos valores de precipitação esperados para a área de estudo.

A caracterização pluviométrica realizada permitiu concluir que a bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado apresenta um regime pluviométrico típico do clima Cfa, sendo janeiro o mês mais chuvoso e agosto o menos chuvoso, além de apresentar uma precipitação anual média 1618,06 mm com desvio padrão de 74,72.

Considera-se que a interpolação fornece apenas uma estimativa de um valor baseado em outros valores conhecidas, sendo de grande valia para estudos hidrológicos e climáticos. São necessários estudos mais detalhados de comparação de métodos de interpolação mais adequados às diferentes situações.

REFERÊNCIAS

- BELTRAME, A. V. (1994). *Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação*. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- CAVALCANTI, I. F. A et al (2009). *Tempo e Clima no Brasil*. 1ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

- CONSTANTINO, K. C. *et al* (2017). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão do Prado, Altônia (PR). In Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos: Inpe, 2017. p. 7762 - 7769.
- EMBRAPA (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Brasília: Embrapa-spi, 2006.
- FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. (1994). *O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional*. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 24, n. 3, p.164-176, set. 1994.
- FERREIRA, M. C. *Iniciação à Análise Geoespacial: teoria, técnicas e exemplos em Geoprocessamento*. São Paulo: Editora UNESP, 2014. 343 p.
- FRITZSONS, E. *et al*. *Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no estado do Paraná*. Raega, Curitiba, n. 23, p.555-572, nov. 2011.
- IBGE (2012). *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- ICMbio/MMA (2008). *Plano de manejo para o Parque Nacional de Ilha Grande*. Curitiba: ICMbio/ MMA, 2008.
- IPARDES (2017). *Caderno estatístico: município de Altônia*. IPARDES: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017.
- LANDIM, P. M. B. (2000). *Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas*. Rio Claro: UNESP, 2000.
- MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. (2012). *Introdução a Hidrogeografia*. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178 p.
- PARANÁ, A. S. R. N. (2010). *Análise da conjuntura agropecuária safra 2010/11*. Agrometeorologia (2010/11). Curitiba: Seab, 2010. 11 p.
- PNUD; IPEA; FJP (2013). *Atlas do desenvolvimento humano no Brasil -Altônia, PR*. Rio de Janeiro, 2013.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- WALTRICK, P. C. (2015). *Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, n. 1, p.256-267, fev. 2015.